

Aspectos Biológicos de Populações de *Spodoptera frugiperda* em Milho Bt e Arroz



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 101

Aspectos Biológicos de Populações de *Spodoptera frugiperda* em Milho Bt e Arroz

Octavio Gabryel Araujo
Simone Martins Mendes
Ana Paula Schneid Afonso da Rosa
Rosângela Cristina Marucci
Christiane Almeida dos Santos
Tatiane Aparecida Nascimento Barbosa
Aline Silvia Dias
Samantha Stefannie de Sousa Carvalho

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

Home page: www.cnpms.embrapa.br

E-mail: cnpms.sac@embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Dagma Dionísia da

Silva, Maria Marta Pastina, Monica Matoso Campanha, Paulo

Eduardo de Aquino Ribeiro e Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

1ª edição

1ª impressão (2014): on line

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Aspectos biológicos de populações de *Spodoptera frugiperda* em milho BT e arroz / Octavio Gabryel Araújo ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

23 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154;101).

1. Praga de planta. 2. Lagarta-do-cartucho. 3. Manejo. I. Araújo, Octavio Gabryel. II. Série.

CDD 632.6 (21. ed.)

© Embrapa 2014

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	10
Resultados.....	13
Discussão	15
Conclusões	18
Agradecimentos	18
Referências	18

Aspectos Biológicos de Populações de *Spodoptera frugiperda* em Milho Bt e Arroz

Octavio Gabryel Araujo¹

Simone Martins Mendes²

Ana Paula Schneid Afonso da Rosa³

Rosangela Cristina Marucci⁴

Christiane Almeida dos Santos⁵

Tatiane Aparecida Nascimento Barbosa⁶

Aline Silvia Dias⁷

Samantha Stefannie de Sousa Carvalho⁸

Resumo

Com intuito de subsidiar estratégias de manejo de pragas usando milho *Bt* no Rio Grande do Sul, onde são conhecidas e registradas diferentes populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), o objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos biológicos de populações dessa espécie provenientes de milho e arroz, oriundas de Pelotas-RS, mantidos em arroz e em milho expressando diferentes proteínas *Bt*. Avaliou-se sobrevivência e biomassa larval e

¹Graduado em Ciencias Biologicas, Mestrando em Entomologia Universidade Federal de Lavras, octavio_gabriel1991@hotmail.com

²Eng.-Agrôn., D.Sc. em Entomologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, simone.mendes@embrapa.br

³Eng.-Agrôn., D.Sc. em Agronomia, Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, ana.afonso@embrapa.br

⁴Eng.-Agrôn., D.Sc. em Entomologia, Professora e Pesquisadora do UNIFEMM, Sete Lagoas, MG, rosangela.marucci@unifemm.edu.br

⁵Licenciada em Ciências Biológicas

⁶Licenciada em Ciências Biológicas, Sete Lagoas, MG, taty71@hotmail.com

⁷Graduanda em Engenharia Ambiental - Centro Universitário de Sete Lagoas -UNIFEMM, Bolsista Fapemig da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, alinedias518@gmail.com

⁸Graduanda em Ciências Biológicas - Centro Universitário de Sete Lagoas-UNIFEMM, Estagiária Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, samanthastefannie@hotmail.com

imatura de duas populações de *S. frugiperda* mantidas em milho expressando proteínas *Bt* e em arroz. Os maiores valores de sobrevivência larval coincidiram com os maiores valores de biomassa (arroz e milho não *Bt*). Quanto à sobrevivência na fase imatura verificou-se que as larvas da população coletadas nos seus respectivos hospedeiros não apresentaram diferenças significativas, porém para larvas coletadas no milho, verificou-se maior sobrevivência em milho *Bt* expressando Cry1Ab. Além disso, lagartas da população coletada em arroz, causaram maior injúria, tanto em arroz quanto em milho e milho expressando Cry1Ab. Assim, apesar de causar maior injúria em milho Cry1Ab, as larvas da população coletada em arroz são mais suscetíveis a essa proteína, apresentando menor sobrevivência e biomassa que aquelas coletadas em milho.

Palavras-chave: lagarta-do-cartucho, MIP, manejo de resistência.

Biological Aspects of *Spodoptera frugiperda* Populations in Bt Maize and Rice

Octavio Gabryel Araujo¹

Simone Martins Mendes²

Ana Paula Schneid Afonso da Rosa³

Rosangela Cristina Marucci⁴

Christiane Almeida dos Santos⁵

Tatiane Aparecida Nascimento Barbosa⁶

Aline Silvia Dias⁷

Samantha Stefannie de Sousa Carvalho⁸

Abstract

With the aim of developing strategies to pest management using Bt maize in Rio Grande do Sul, where they are known and recorded different populations of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), the objective of this study was to evaluate the biological aspects of populations of this species from maize and rice, originating from Pelotas, kept in rice and corn expressing different Bt proteins. We evaluated the survival and larvae and immature biomass from two populations of *S. frugiperda* maintained expressing Bt proteins in maize and rice. The highest larval survival coincided with higher biomass (rice and non-Bt corn). As for survival in the immature stage it was found that the larvae of the population collected in their respective hosts showed no significant differences, however for larvae collected on maize, there was greater survival in Bt corn expressing Cry1Ab. Furthermore, fall armyworm of the population collected in rice, caused greater injury, both in rice and corn as corn expressing Cry1Ab. Thus, despite causing greater injury in Cry1Ab corn, the larvae of the

population collected in rice are more susceptible to this protein, with lower survival and biomass than those collected in corn.

Keywords: fall armyworm, IPM, management of resistance.

Introdução

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (Figura 1) é originária das zonas tropicais e ocorre em toda a América. É um inseto polífago, que se alimenta de muitas plantas cultivadas, em especial de gramíneas (SARMENTO et al., 2002). No Brasil, a lagarta-do-cartucho também é comumente conhecida como lagarta-militar, lagarta-dos-capinzais, lagarta-dos-milharais, lagartas-dos-arrozais. No estágio larval, se alimenta principalmente do cartucho de plantas novas podendo causar perdas na cultura do milho superiores a 30%. Porém, dados sobre as reduções no rendimento ainda são escassos, pois estes dependem de fatores como o ambiente, cultivar utilizada, práticas agrícolas e, principalmente, do estágio de desenvolvimento e estado nutricional das plantas (CRUZ, 1995). Além disso, a voracidade do biótipo é um fator que pode influenciar na produção.

Em arroz, independentemente do sistema de produção, seja ele irrigado, predominante na região Sul do país, ou de Terras Altas nos estados de Mato Grosso, Maranhão e Pará, a lagarta causa danos severos às culturas (MARTINS; AFONSO, 2007). No arroz irrigado, *S. frugiperda* é encontrada alimentando-se de plantas novas, antes da inundação definitiva dos arrozais, quando o inseto corta os colmos das plantas rente ao solo (BUSATO et al., 2004a). Os danos causados à cultura representam a destruição

ou enfraquecimento de plantas novas, corte de colmos ao nível do solo, desfolhamento de plantas desenvolvidas e panículas.



Figura 1. Lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*

Estudos realizados nos Estados Unidos revelaram a existência de duas raças que habitam a mesma área, ocorrem ao mesmo tempo e que tendem a usar hospedeiros diferentes (PASHLEY, 1986). A “raça arroz” foi encontrada se alimentando de arroz, capim braquiária, e outras gramíneas, enquanto a “raça milho” foi encontrada alimentando-se de milho e algodão (PASHLEY, 1993).

Na região Sul do Brasil os estudos relacionados à *S. frugiperda* revelaram a existência de dois biótipos em função do hospedeiro o biótipo milho e o biótipo arroz, sendo que

esses se encontram em processo inicial de especiação e representam raças associadas a plantas hospedeiras (BUSATO et al., 2008). De acordo com Pashley et al. (1990) é importante a constatação de biótipos ou raças de *S. frugiperda* para a entomologia econômica, pois os mesmos podem responder diferenciadamente às estratégias de controle. Salinas-Hernandez e Saldamando-Benjumea (2011) não constataram evidências de diferenças de raça de *S. frugiperda* em função do hospedeiro nas condições da Colômbia, porém, Juarez et al. (2012), trabalhando com indivíduos dessa espécie coletados no Brasil, Argentina e Paraguai, detectaram a existência dos haplótipos mitocondriais nos hospedeiros “arroz” e “milho” e mostraram que a distribuição do haplótipo do arroz é aparentemente mais ampla, sendo encontrada em outros hospedeiros, como alfafa.

Estimativas para a safra de milho 2012/2013 apontam que a produção no Rio Grande do Sul deve ultrapassar 1,1 milhões de hectares dos quais 85,7% serão de milho transgênico (CÉLERES, 2012). O milho transgênico é aquele que expressa proteínas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). Esta é uma tecnologia disponível para o manejo de pragas utilizada no Brasil desde a safra 2008/2009, em que a planta expressa proteínas inseticidas que atuam em lepidópteros-praga dentre eles, a lagarta-do-cartucho (LEITE et al., 2011).

Dessa forma, pressupõe-se, que as estratégias de manejo para essa praga possa ter ação diferenciada para ambas as populações dessa espécie. Assim, com intuito de subsidiar estratégias de manejo de pragas usando milho *Bt* no Rio Grande do Sul o objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos biológicos de populações de *S. frugiperda* provenientes de

milho e arroz, oriundas de Pelotas-RS, mantidas em arroz e em milho expressando diferentes proteínas *Bt*.

Material e Métodos

As larvas de *S. frugiperda* utilizadas nesse ensaio foram provenientes de populações coletadas na cultura do milho (Talhão 13 - S 31°49'00.7" W 052°27'56.1") e arroz (Talhão 60 - S 31°48'44.1" W 052°27'55.5") localizadas na Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, no Capão do Leão-RS, relacionando, assim, uma população coletada em arroz e outra em milho daquela região, coletadas na safra agrícola de 2011/2012.

Em laboratório, as larvas coletadas em campo passaram por uma seleção inicial para que houvesse uma padronização dos insetos para formação da colônia visando remoção de possíveis parasitoides e indivíduos doentes. Os indivíduos utilizados foram provenientes da segunda geração da criação em laboratório e o experimento foi realizado em casa de vegetação na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Para realização do experimento foram semeados 30 vasos de cada material: milho P30F35 - Pionner® (não *Bt*), P30F35HX (expressando a proteína Cry1F), P30F35YG (expressando Cry1Ab) e um cultivar de arroz (Caiapó). Após a emergência, foi feito o desbaste de plantas, deixando nos vasos de milho duas plantas e nos de arroz quatro plantas. A infestação foi realizada quando as plantas de milho se encontravam em estágio V4. Em cada vaso colocaram-se 10 larvas recém-eclodidas de *S. frugiperda*, sendo cada vaso considerado uma repetição, totalizando 15 repetições. O delineamento utilizado foi

inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, assim os tratamentos foram compostos pela combinação das populações de *S. frugiperda* e a planta na qual foi feita a infestação (Tabela 1).

As avaliações de injúria foliar foram realizadas a cada sete dias após a infestação, totalizando três coletas de dados seguindo escala de notas proposta por Carvalho (1970), onde a nota zero é atribuída à planta sem sintoma de injúria; a nota um, com folhas raspadas; a dois, planta com folhas furadas; três, para plantas com lesão nas folhas e no cartucho; quatro, para plantas com cartucho destruído; e cinco, para planta com muitas folhas e cartucho totalmente destruídos. As avaliações de sobrevivência e biomassa foram realizadas aos 14 dias após infestação, sendo utilizados oito vasos. Foram retiradas todas as lagartas existentes nos vasos para determinação da sobrevivência e biomassa (mg) (Figura 2). Após a formação das pupas retirou-se o restante dos vasos (sete) para avaliação de sobrevivência e biomassa em balança de precisão. Os dados de biomassa e sobrevivência foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott,(SISVAR 5.3).

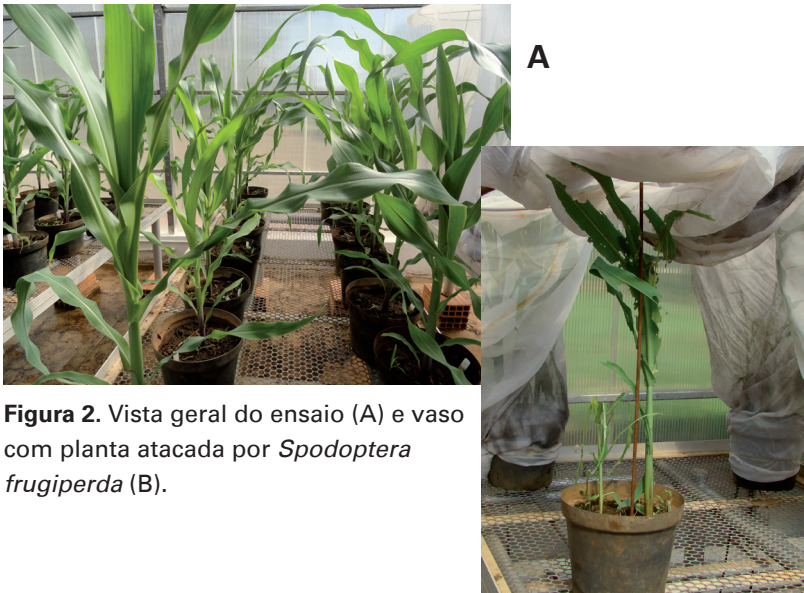


Figura 2. Vista geral do ensaio (A) e vaso com planta atacada por *Spodoptera frugiperda* (B).

Tabela 1. Sobrevivência (\pm ep) e biomassa (\pm ep) (mg) da fase de larva (medida aos 14 dias), sobrevivência e biomassa da fase pré-imaginal e biomassa de pupas de biótipos de *Spodoptera frugiperda* alimentando-se de milho não *Bt*, milho *Bt* e arroz.

Biótipos	Alimentação	n	Sobrevivência larval (%)	Biomassa (mg) de lagartas (14 dias)	n	Sobrevivência (%) Fase pré-imaginal	Biomassa (mg) de Pupa
Arroz	Arroz	8	48,75 ± 6,9 a	179,2 ± 17,29 a	7	21,43 ± 5,08 a	181,84 ± 3,72 a
	Milho conv		30,00 ± 7,3 b	73,1 ± 5,13 b		30,00 ± 4,36 a	187,6 ± 13,2 a
	Milho Cry1Ab		23,75 ± 5,3 b	14,9 ± 2,89 c		1,43 ± 1,02 b	-
	Milho Cry1F		0,00 ± c	- ± c		0,00 ± b	-
Milho	Arroz	8	41,25 ± 7,7 a	89,27 ± 9,46 a	7	22,86 ± 4,63 a	163,63 ± 8,78 b
	Milho conv		32,50 ± 8,4 a	62,81 ± 13,44 b		12,85 ± 4,21 b	164,26 ± 6,23 b
	Milho Cry1Ab		1,25 ± 0,3 b	1,9 ± 0,24 c		8,57 ± 2,6 b	161,44 ± 12,58 b
	Milho Cry1F		0,00 ± b	- ± c		0,00 ± c	- ± b
cv (%)			72,77	35,97		72,72	14,15

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Resultados

A interação, para a sobrevivência larval de *S. frugiperda* das populações coletadas em milho e arroz e a planta de alimentação das larvas, foi significativa ($F=1,94$; $P=0,13$). No que diz respeito à sobrevivência para larvas da população oriunda de lavouras de milho, foi inferior para milho expressando Cry1Ab, não houve diferenças entre milho convencional e arroz e sobrevivência nula para Cry1F (Tabela 1). Já para a população coletada em arroz, a maior sobrevivência foi observada para larvas mantidas em arroz, seguidas pelas mantidas em milho convencional e inferior para aquelas mantidas em milho expressando Cry1Ab. Também não foram observadas larvas sobreviventes ao se alimentarem de milho expressando Cry1F (Tabela 1).

A biomassa de larvas medida aos 14 dias seguiu o mesmo padrão da sobrevivência larval, ou seja, apresentou interação significativa entre as populações oriundas de milho e arroz e a planta em que as larvas se alimentaram ($F>15,89$; $P>0,00$). Tanto para a população coletada em milho quanto em arroz, a maior biomassa foi observada quando as larvas foram mantidas em plantas de arroz. As larvas da população coletada em milho foram menos afetadas pela inversão de hospedeiros apresentando maior biomassa tanto no milho quanto no arroz (Tabela 1).

A interação entre a população de *S. frugiperda* e planta de alimentação da fase jovem foi significativa para a sobrevivência da fase pré-imaginal ($F>4,91$; $P>0,00$). A sobrevivência da fase pré-imaginal para a população coletada em arroz foi semelhante para as larvas que se alimentaram de milho e arroz e inferior

para o milho expressando proteínas *Bt*. Já para a população oriunda do milho, a sobrevivência foi maior para as larvas que se alimentaram de plantas de arroz e não houve diferença nessa variável para larvas que se alimentaram de milho convencional e milho expressando a proteína Cry1A(b). A sobrevivência da fase pré-imaginal foi inferior apenas para as larvas mantidas em milho expressando Cry1F (Tabela 1).

Já a interação referente à biomassa das pupas e populações de *S. frugiperda* não foi significativa ($F > 0,49$; $P > 1,00$). Não foi observada diferença para essa variável para os diferentes tipos de alimento oferecidos, somente entre as populações de *S. frugiperda* sendo que a biomassa média foi de $95,5 \pm 10,96$ mg.

Verificou-se diferença entre as combinações de tratamentos em relação às injúrias causadas pela alimentação de *S. frugiperda* nas diferentes plantas avaliadas. Larvas da população coletada em arroz foram responsáveis por maiores notas de injúrias tanto em milho convencional quanto em milho *Bt* expressando Cry1Ab. No entanto, não houve injúria nas plantas de milho expressando Cry1F quando submetidas à alimentação das duas populações. Além disso, larvas da população coletada em milho não causaram dano nas plantas de arroz (Figura 3).

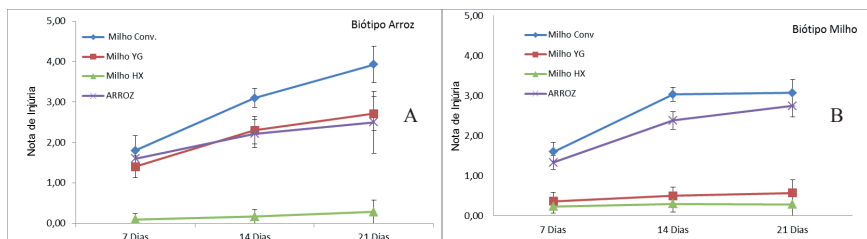


Figura 3. Nota da injúria foliar (\pm IC, $P=0,05$) causada pelos biótipos “arroz” (A) e “milho” (B) de *Spodoptera frugiperda* em plantas de arroz e de milho Bt (Cy 1Ab e Cry 1F) e não Bt.

Discussão

A sobrevivência de larvas da população coletada em lavouras de milho aos 14 dias foi semelhante, tanto para alimentação em milho quanto em arroz. Também não houve diferença para biomassa de larvas medida aos 14 dias entre as diversas plantas oferecidas como alimento. Contudo, ao se considerar a sobrevivência da fase jovem, observou-se menor sobrevivência para a alimentação em milho convencional a semelhança das larvas que se alimentaram de milho Cry1Ab.

As larvas da população coletada em lavouras de arroz apresentaram maior sobrevivência aos 14 dias e maior biomassa, quando mantidas em arroz. No entanto, a sobrevivência da fase jovem foi semelhante tanto para alimentação em milho convencional, quanto em arroz, sendo praticamente nula para larvas de ambas as populações se alimentando do milho expressando as proteínas Cry1Ab e Cry1F. Esses dados estão de acordo com os encontrados por Busato et al. (2002, 2004b), onde o biótipo arroz apresenta melhor performance em ambos hospedeiros. Pashley et al. (1995) relataram que o biótipo arroz é encontrado

naturalmente em outros hospedeiros como milho. Além disso, Meagher e Nagoshi (2004) relataram que as larvas do biótipo arroz apresentam maior biomassa e menor período de desenvolvimento em milho e sorgo, como demonstrado neste trabalho para o milho.

Neste estudo os valores de sobrevivência encontrados foram inferiores àqueles encontrados por Botton et al. (1998) e Sá et al. (2009), que trabalharam com vários hospedeiros em condições de laboratório. Nesse ensaio foram realizados ensaios de casa-de-vegetação, onde a própria arquitetura da planta influencia na maior mortalidade natural, embora nos vasos tenham sido colocadas gaiolas de tecido tipo *voil* para evitar a entrada de qualquer fator externo de mortalidade.

A maior injúria causada pelas larvas da população coletada em arroz, tanto para o milho convencional quanto em arroz e milho *Bt* expressando Cry1Ab, pode ter ocorrido em função do maior teor de sílicio presente em folhas de arroz (KIM et al., 2002). Em milho, Goussain et al. (2002) detectaram desgaste da região incisora de *S. frugiperda* alimentadas com folhas em que houve aplicação de sílicio. Assim, as populações que se especiam nessa planta apresentam maior capacidade de causar danos tanto em milho como em arroz. Busato et al. (2004a) concluíram que o biótipo arroz é mais especializado fisiologicamente, o que explica o elevado dano causado por esse biótipo quando alimentado com folhas de milho. Em contrapartida, as larvas da população coletada em milho quando alimentadas com arroz podem ter sentido maior impacto devido ao maior teor de sílica encontrado nestas folhas.

Conforme constatado por vários autores, o desenvolvimento larval do biótipo arroz é melhor em plantas de arroz do que em plantas de milho, enquanto que o biótipo milho desenvolveu-se igualmente em ambas as plantas (BUSATO et al., 2005; PENCOE; MARTIN, 1981; PASHLEY, 1988; WHITFORD et al., 1988; PASHLEY et al., 1995). Além disso, é interessante observar que mesmo não causando dano em plantas de arroz, as larvas da população coletada em milho foram capazes de completar o ciclo alimentando-se dessas plantas.

Os dados obtidos no presente estudo indicam que a suscetibilidade a proteínas *Bt* pode variar com a população de *S. frugiperda*. Esse dado corrobora com Juarez et al. (2012), que mostraram que a diferença de adequação aos diferentes hospedeiros depende do biótipo de *S. frugiperda* analisado. Observou-se também que apesar de as larvas da população coletada em arroz apresentarem maior sobrevivência larval e nota de injúria em milho expressando Cry1Ab, as larvas não conseguiram completar a fase imatura, diferenciando-se daquelas populações coletada em milho, que apresentaram sobreviventes quando mantidas em milho Cry1Ab.

Os resultados obtidos neste estudo são importantes para orientar as questões de manejo de resistência de insetos em milho *Bt* na região Sul do país, pois a suscetibilidade dos híbridos de milho pode variar em função da proteína *Bt* expressa como relatado por Mendes et al. (2011) e com a população de *S. frugiperda* em questão, devendo-se considerar a interação entre esses fatores na definição das estratégias de manejo da resistência.

Conclusões

As larvas de *S. frugiperda* oriundas da população coletada em lavouras de arroz em Pelotas-RS apresentaram maior biomassa larval e nota de injúria em milho *Bt* expressando Cry1Ab, no entanto, não completaram o ciclo de desenvolvimento nessa planta. Larvas dessa espécie da população coletada em lavouras de milho apresentaram baixa sobrevivência e menor nota de injúria em milho *Bt* expressando Cry1Ab.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig) pela concessão da bolsa ao primeiro autor.

Referências

BOTTON, M.; CARBONARI, J. J.; GARCIA, M. S.; MARTINS, J. F. S. Preferência alimentar e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em arroz e capim-arroz. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 207-212, 1998.

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A.; GARCIA, M.; GIOLO, F.; ZOTTI, M.; NORNBORG, S.; NEVES, M. Preferência e consumo de dois biótipos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) por folhas de milho e arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 3, p. 317-322, 2004a.

BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; OLIVEIRA, A. C.; VIEIRA, E. A.; ZIMMER, P. D.; KOPP, M. M.; BANDEIRA, J. M.;

RODRIGUES, T. R. Análise da estrutura e diversidade molecular de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) associadas ao milho e arroz no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 709-716, 2004b.

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; ZOTTI, M. J.; STEFANELLO JÚNIOR, G. J. Biologia comparada de populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 743-750, 2005.

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; MARTINS, A. F. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) originária de diferentes regiões do Rio Grande do Sul, das culturas do milho e do arroz irrigado. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 525-529, 2002.

BUSATO, G. R.; LOECK, A. E.; GARCIA, M. S.; BERNARDI, O.; ZART, M.; NUNES, A. M.; ZAZYCKI, L. C. F. Compatibilidade reprodutiva entre os biótipos “milho” e “arroz” de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 2, p. 273-278, 2008.

CARVALHO, R. L. P. **Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes cultivares de milho, em condições de campo.** 1970. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura - Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CÉLERES. **Relatório de biotecnologia**. Uberlândia, 2012.

Disponível em: <http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/RelBiotecBrasil_1201_vf.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2012.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 45 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 21).

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidade). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 305-309, 2002.

JUAREZ, M. L.; MURÚA, M. G.; GARCIA, M. G.; ONTIVERO, M.; VERA, M. T.; VILARDI, J. C.; GROOT, A. T.; CASTAGNARO, A. P.; GASTAMINZA, G.; WILLINK, E. Host association of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) corn and rice strains in Argentina, Brazil, and Paraguay. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 105, n. 2, p. 573-582, 2012.

KIM, S. G.; KIM, K. W.; PARK, E. W. CHOI, D. Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves: a possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 10, p. 1095-1103, 2002.

LEITE, N. A.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; PEREIRA, E. J. **G. O milho Bt no Brasil: a situação e a evolução da resistência de insetos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 46 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 133).

MARTINS, J. F. da S.; AFONSO, A. P. S. **Importância econômica de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) como praga do arroz no Brasil.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 33 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 213).

MEAGHER, R. L.; NAGOSHI, R. N. Population dynamics and occurrence of *Spodoptera frugiperda* host strains in southern Florida. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 29, n. 5, p. 614-620, 2004.

MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M. S.; WAQUIL, J. M. Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 239-244, mar. 2011.

PASHLEY, D. P. Host-associated genetic differentiation in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): a sibling species complex? **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 79, n. 6, p. 898-904, 1986.

PASHLEY, D. P.; HARDY, T. N.; HAMMOND, A. M.; MIHM, J. A. Genetic evidence for sibling species within the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 83, n. 6, p. 1048-1053, 1990.

PASHLEY, D. P. Causes of host-associated variation in insects herbivores: an example from fall armyworm. In: KIM, K. C.; MACPHERON, B. A. **Evolution of insects pests: patterns of variation.** New York: John Wiley & Sons, 1993. p. 351-359.

PASHLEY, D. P. Quantitative genetics, development, and physiological adaptation in host strains of fall armyworm. **Evolution**, Lancaster, v. 42, p. 93-102, 1988.

PASHLEY, D. P.; HARDY, T. N.; HAMMOND, A. M. Host effects on developmental and reproductive traits in fall armyworm strains (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 88, n. 6, p. 748-755, 1995.

PENCOE, N. L.; MARTIN, P. M. Development and reproduction of fall armyworm on several wild grasses. **Environmental Entomology**, College Park, v. 10, p. 999-1002, 1981.

SÁ, V. G. M.; FONSECA, B. V. C.; BOREGAS, K. G. B.; WAQUIL, J. M. Sobrevivência e desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuide) em hospedeiros alternativos. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, p. 108-115, 2009.

SALINAS-HERNANDEZ, H.; SALDAMANDO-BENJUMEA, C. I. Haplotype identification within *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) corn and rice strains from Colombia. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 4, p. 421-430, 2011.

SARMENTO, R. de A.; AGUIAR, R. W. de S.; AGUIAR, R. de A. S. de S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G. de; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência, e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2002.

WHITFORD, F.; QUISENBERRY, S. S.; RILEY, T. J.; LEE, J. W.
Oviposition preference, mating compatibility, and development
of two fall armyworm strains. **Florida Entomologist**, Gainesville,
v. 71, n. 3, p. 234-243, 1988.

